

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平11-167035

(43)公開日 平成11年(1999)6月22日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

G 0 2 B 6/122

識別記号

FI

G 0 2 B 6/12

A  
C

審査請求 未請求 請求項の数5 FD (全 12 頁)

(21)出願番号 特願平9-352113

(22)出願日 平成9年(1997)12月4日

(71)出願人 000000295

沖電気工業株式会社

東京都港区虎ノ門1丁目7番12号

(72)発明者 山田 光志

東京都港区虎ノ門1丁目7番12号 沖電気  
工業株式会社内

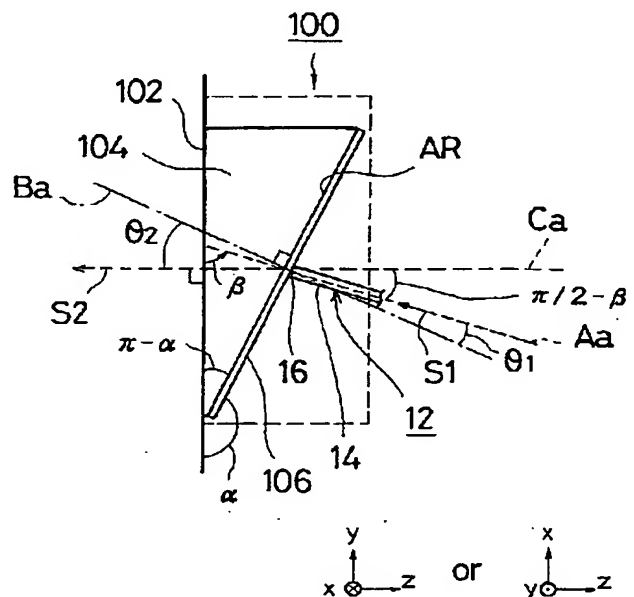
(74)代理人 弁理士 亀谷 美明 (外2名)

(54) 【発明の名称】 光機能素子と光結合方法

(57) 【要約】

【課題】 残留反射を抑制しつつモジュール化に適した光機能素子と光結合方法を提供する。

【解決手段】 光機能素子に適用する入出力部１００において、光導波路１２（屈折率 $n_1$ ）の終端面１６は、素子端面１０２よりも引込んだ斜面１０６に形成され、その法線 $Ba$ は、導波路端部１４での光の導波方向 $Aa$ に対しては傾角 $\theta_1$ を成す。さらに、法線 $Ba$ が素子端面１０２の法線 $Ca$ に対して成す角は、斜面１０６と素子端面１０２とが成す傾角 $\alpha$ を用いて、 $(\pi - \alpha)$ と表される。さらにまた、入出力部１００においては、出力光信号 $S_2$ が法線 $Ca$ 方向に出力されるように、 $\beta = \alpha - \cos^{-1}(n_2 / n_1 \sin \alpha)$ の関係が成立している（ $n_2$ は、領域１０４の屈折率）。この入出力部１００において、光機能素子と外部素子とを光結合する場合、終端面１６と外部素子の受光面との間に、例えば充填材料を充填しても良い。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 素子の内部に形成された光導波路を介して前記素子の外部と光の入出力を行う光機能素子であって：前記素子の端面に対して引っ込んだ凹部には、前記光導波路の入出力端面が形成され；前記光導波路の前記入出力端面における軌道接線は、前記入出力端面の法線に対して第 1 の傾きを成す（ただし、第 1 の傾きは、0 ではない。）；ことを特徴とする、光機能素子。

【請求項 2】 前記入出力端面の法線は、前記素子端面の法線に対して第 2 の傾きを成す（ただし、第 2 の傾きは、0 ではない。）ことを特徴とする、請求項 1 に記載の光機能素子。

【請求項 3】 前記第 1 の傾きと前記第 2 の傾きとは、前記入出力端面からの出力光が前記素子端面の法線方向に出力されるように調整されることを特徴とする、請求項 2 に記載の光機能素子。

【請求項 4】 前記入出力端面からの出力光が入力される外部素子の被入力面と、前記入出力端面との間には、屈折率が 1 より大きい材料が介在することを特徴とする、請求項 1、2 又は 3 に記載の光機能素子の光結合方法。

【請求項 5】 前記材料は、前記材料の屈折率と前記材料での透過光の光路の長さとの積の 4 倍が、前記透過光の波長と等しいことを特徴とする、請求項 4 に記載の光結合方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、光機能素子と光結合方法、より詳しくは、光導波路を介して光の入出力を行う光機能素子とその光機能素子の光結合方法に関する。

## 【0002】

【従来の技術】従来、光通信機器の広帯域化及び高出力化及び低雑音化を実現するために、光機能素子の光導波路端面で生じる出力光の残留反射を抑圧する方法（以下「残留反射抑圧法」と称す。）が開発されている。

【0003】かかる状況の下、残留反射の影響が大きい、例えば光変調器、光増幅器、光スイッチ、光波長フィルタ、光波長変換器、又は LED（端面発光 LED）等、通常は単一通過型のデバイスとして形成される光素子の残留反射抑圧法は、光通信機器の性能向上に特に効果的であるために、残留反射抑圧法の中でも、最も不可欠な技術であるといえる。

【0004】従来の残留反射抑圧法として、例えば「半導体レーザ光増幅器の現状」、光技術コンタクト、第 2 8 巻第 4 号、（通巻 3 1 6 号）、p p . 5 3 - 5 8、1 9 9 0 には、3 つの方法が開示されている。

【0005】上記文献において開示されている方法は、より具体的には

（a）の方法：無反射膜（反射防止膜）を素子端面に形

成することにより、出力光を光素子端面で反射させない方法、

（b）の方法：素子端面と光導波路との間に端面窓を形成することにより、光導波路方向に戻る反射光の結合効率を低減する方法、

（c）の方法：素子端面に対して光導波路を斜めストライプ状に形成することにより、光素子端面での反射光が再び光導波路に戻ってくるのを防ぐ方法、である。

【0006】ここで、かかる従来の残留反射抑圧法を適用した導波路型光素子の例について、図 2 0 を参照して簡単に説明する。なお、図 2 0 は、主に（c）の方法を適用した導波路型光素子 3 0 0 の概略的な構成を説明するための平面図である。

【0007】導波路型光素子 3 0 0 は、素子端面にあたる劈開面 3 0 2 の法線方向に対して数度傾けた光導波路 3 0 4 を、斜めストライプ状に配置し、劈開面 3 0 2 に直接接続する構成になっている。かかる構成によって、光導波路 3 0 4 で導波された光が劈開面 3 0 2 で反射しても、その反射光は光導波路 3 0 4 方向には戻らず、残留反射を抑圧することができる。尚、導波路型光素子 3 0 0 の動作時には、劈開面 3 0 2 から出力される光は、レンズホルダ 3 0 6 に固定したレンズ 3 0 8 を介して、不図示の外部素子に入力される。

## 【0008】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、かかる従来の導波路型光素子 3 0 0 では、光導波路 3 0 4 から出力される光は、劈開面 3 0 2 において屈折する。したがって、劈開面 3 0 2 の法線と劈開面 3 0 2 から空気中に出力される光の光路軸とが成す角（以下、「光出射角」と称す。）は、光導波路 3 0 4 の軸と劈開面 3 0 2 の法線方向とが成す角（以下、「光導波路傾斜角」と称す。）よりも大きくなる。例えば、上記文献中では、光導波路傾斜角を約 7 度に設定してあるが、光出射角は約 2 3 度にも成っている。

【0009】光出射角が大きくなると、直径が数百  $\mu$  m から数 mm 程度の小さなレンズを用いて光を集光して外部素子の半導体光導波路端面に導こうとする場合には、そのレンズ自体及びレンズの固定ホルダが、光を出力する導波路型光素子の半導体素子の半導体チップ若しくはチップを搭載するキャリアにぶつかる。したがって、従来の導波路型光素子はモジュール化が難しかった。

【0010】また、モジュール化を実現するためには、一般に、レンズを用いる代わりに先球ファイバを用いる方法が採用される。しかし、先球ファイバの焦点距離は数  $\mu$  m 程度と極めて小さく、先球ファイバと半導体光導波路とを非常に接近させて配置しなければならず、光学アライメント中に先球ファイバと半導体光導波路端面との接触が生じ易い。したがって、両方の先端部を破損するおそれが極めて高いので、先球ファイバを用いることはあまり望ましくない。

【0011】すなわち、従来の導波路型光素子をモジュール化すると、歩留まりの低下を避けることができずに、導波路型光素子を用いた光素子モジュールや光集積回路のコストの削減を困難にしていた。

【0012】本発明は、従来の導波路型光素子が有する上記問題点に鑑みてなされたものであり、残留反射を低減するとともにモジュール化に適した、新規かつ改良された光機能素子を提供することを目的とする。

【0013】さらに、本発明の他の目的は、残留反射の低減を図りつつ、光機能素子の光導波路の入出力端面を損傷させることなく実施できる、新規かつ改良された光結合方法を提供することである。

【0014】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するために、請求項1に記載の発明は、素子の内部に形成された光導波路を介して素子の外部と光の入出力を行う構成であって：素子の端面に対して引っ込んだ凹部には、光導波路の入出力端面が形成され；光導波路の入出力端面における軌道接線は、入出力端面の法線に対して第1の傾きを成す（ただし、第1の傾きは、0ではない。）構成を採用する。。

【0015】かかる構成によって、請求項1に記載の発明は、光導波路の入出力端面に対して、光導波路自体を斜めストライプ状の構造にすることができるため、光導波路からの光の出力時に、入出力端面で生じる反射光（残留反射光）は、光導波路方向には戻らない。したがって、残留反射の影響を低減することができ、広帯域、高出力かつ低雑音の高性能な光機能素子を実現することができる。さらに、請求項1に記載の発明は、入出力端面が素子端面に対して引っ込んだ凹部に形成されるため、微細な光学アラインメントが必要な場合であっても、入出力端面が外部素子と接触する可能性がほとんどない。したがって、例えば外部素子と密着させて光結合させることができるため、取り扱いが容易で、光導波路の損傷が少なく、さらに高集積化が可能な光機能素子を実現することができる。

【0016】さらに、請求項2に記載の発明のように、入出力端面の法線を素子端面の法線に対して第2の傾きを成すように形成すれば、外部からの入力光は、入出力端面において入力方向と別方向に反射される。したがって、入出力端面からの出力光の反射光による干渉作用のみではなく、入出力端面への入力光の反射光による干渉作用をも低減させることができる。また、請求項2に記載の発明においては、第2の傾きの設定によって、出力光を所望の方向に出力できるため、外部素子と如何なる配置関係で光学アラインメントされる場合であっても、それに対応する光機能素子を実現することができる。

【0017】さらにまた、請求項3に記載の発明のように、第1の傾きと第2の傾きとを調整して、出力光が素子端面の法線方向に出力されるように構成した場合に

は、外部素子の端面や外部素子に光を集光するレンズやレンズホルダ等を、素子の端面に対して平行に配置できる。したがって、素子端面に対して、外部素子やレンズやレンズホルダ等の受光面を傾ける必要がないため、光学アラインメントやモジュール化等が容易になる。

【0018】さらにまた、請求項4に記載の発明のように、入出力端面からの出力光が入力される外部素子の被入力面と、入出力端面との間には、屈折率が1より大きい材料が介在する構成を採用すれば、充填材の働きにより一層光結合性が向上し、更に、充填材が衝撃を吸収するため、衝撃や振動等に強い光結合を実現することができる。さらにまた、請求項5に記載の発明のように、材料の屈折率と材料での透過光の光路の長さとの積の4倍が、透過光の波長と等しい構成を採用すれば、光機能素子の入出力端面に無反射コーティングを施さずに、施した場合と同様の効果を得ることができる。

【0019】

【発明の実施の形態】以下に、添付図面を参照しながら、本発明の実施の形態について詳細に説明する。なお、以下の説明及び図面において、略同一の機能及び構成を有する構成要素については、同一符号を付することにより、重複説明を省略する。

【0020】（第1の実施の形態）まず本発明の第1の実施形態について、図1～図6を参照しながら詳細に説明する。最初に、本実施の形態にかかる入出力部100の基本的な構成について、図1及び図2を参照して詳細に説明する。なお、図1は、本実施の形態にかかる入出力部100の概略的構成を示す平面図であり、図2は、入出力部100の概略的構成を示す斜視図である。

【0021】入出力部100において、図1に示すように、光導波路12の導波路端部14は、光の導波方向Aaが素子端面102に対して傾き $\beta$ を持つように形成される。さらに、入出力部100においては、平面図である図1において略直角三角形で示される部分を、例えば切り欠くことによって、斜辺部分に斜面106が形成された凹部領域104を形成する。かかる凹部領域104の斜面106は、光導波路12の終端面16が形成されるとともに、素子端面102に対して第2の傾きを与える傾角 $\alpha$ を持つ。結果として、導波路端部14の光の導波方向Aaと、斜面106に形成される光導波路12の終端面16の法線Baとは、第1の傾きに当たる角 $\theta_1$ を形成することができる。

【0022】また、光導波路12の終端面16は、光の入出力端面にあたるため、終端面16における光信号の反射ロスをできるだけ抑えた方がよい。このため、終端面16が形成された斜面106には、無反射膜ARがコーティングされている。なお、入出力部100において、傾角 $\alpha$ と傾角 $\beta$ とが、ほぼ

$$\beta = \alpha - \cos^{-1}(n_2/n_1 \sin \alpha)$$

の関係を満たすように、導波路端部14と斜面106と

は形成される。なお、式中、 $n_1$ は、光導波路12の屈折率であり、 $n_2$ は、凹部領域104の屈折率である。ただし、本実施の形態においては、凹部領域104は、切り欠きによる空間として構成されているので、 $n_2$ は、空気の屈折率である。

【0023】次いで、本実施の形態にかかる入出力部100の動作について、引き続き図1及び図2を参照して説明すると、光導波路12によって導波された光信号S1は、導波路端部14を介して終端面16に伝搬する。

【0024】さらにまた、終端面16に伝搬された光信号S1は、無反射膜ARがコーティングされた終端面16において屈折し（かかる屈折については、後述する。）、終端面16から出力光信号S2として出力される。さらに、出力光信号S2は、凹部領域104及び素子端面102を介して、入出力部100から出力される。

【0025】ここで、終端面16から凹部領域104に出力される時に、光導波路12の屈折率 $n_1$ と凹部領域104の屈折率 $n_2$ とが異なることによって生じる屈折について説明する。

【0026】発明者等の知見によれば、かかる屈折において、終端面16の法線Baと導波路端部14の光の導波方向Aaとが成す角 $\theta_1$ と、終端面16の法線Baに対する終端面16からの出力光信号S2が成す角 $\theta_2$ との間には、スネルの法則（屈折の法則）により、 $n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$ の関係が成り立つ。

【0027】また、出力光信号S2が、終端面16から素子端面104の法線Ca方向、すなわち素子端面104に対して垂直方向に出力される場合には、幾何学的に $\theta_1 = \pi/2 - (\alpha - \beta)$   
 $\theta_2 = \pi - \alpha$ の関係があることが分かる。

【0028】したがって、かかる出力光信号S2が、素子端面102の法線Ca方向に出力される場合には $n_1 \sin (\pi/2 - (\alpha - \beta)) = n_2 \sin (\pi - \alpha)$ の関係、言い換えれば  
 $\beta = \alpha - \cos^{-1} (n_2 / n_1 \sin \alpha)$ の関係が成り立つ。

【0029】かかる関係は、入出力部100における傾角 $\alpha$ と傾角 $\beta$ との関係に等しい。したがって、入出力部100からの出力光信号S2は、終端面16から素子端面104に対して垂直に出力されることが分かる。

【0030】次に、入出力部100が以上説明したような動作をするために必要な傾角 $\alpha$ 及び傾角 $\beta$ の設定条件について、図2を参照して説明する。なお、図3には、光導波路12の屈折率 $n_1$ と凹部領域104の屈折率 $n_2$ の比（以下、「屈折率比」と称す。） $n_1 / n_2$ が例えば1.5～3.5の範囲にある場合の傾角 $\alpha$ と傾角 $\beta$

との関係を示す。

【0031】発明者等の知見によれば、凹部領域104の構成媒質が例えば空気であり、光導波路12の構成媒質が例えば半導体の場合には、屈折率比 $n_1 / n_2$ は3.0～3.5である。したがって、入出力部100を設計する場合、素子端面104の法線Caと導波路端部14における光の導波方向Aaとの成す角を例えば約7度（この場合、傾角 $\beta$ は約83度である。）に設定した時には、傾角 $\alpha$ は $\alpha \sim 170$ 度（この場合、 $\pi - \alpha \sim 10$ 度である。）に設定することになる。

【0032】また、発明者等の知見によれば、凹部領域104の構成媒質が例えば空気であり、光導波路12の構成媒質が例えばガラス等を用いたPLC素子やファイバ等の誘電体である場合には、屈折率比 $n_1 / n_2$ は1.5～2.0である。したがって、入出力部100を設計する場合、傾角 $\beta$ を例えば約7度に設計した時には、傾角 $\alpha$ は $\alpha = 166 \sim 160$ 度（この場合、 $\pi - \alpha = 14 \sim 20$ 度である。）に設定することになる。

【0033】次に、図4を参照しながら、本実施の形態にかかる入出力部100と、例えば光ファイバ又はPLC素子等の外部素子202との間の光結合の方法について説明する。

【0034】図4に示すように、外部素子202は、コア部204及びコア部204の周囲に形成されたグラッド部206とが、劈開面208で外部素子202の外部にむき出しの状態に構成されている。かかる外部素子202の劈開面208を、入出力部100の素子端面102に、全く隙間を作らずに又はほんの僅かだけ隙間を作って対向させて、光結合を行う。なお、終端面16からの出力光信号S2が、外部素子202のコア部204に入力するように、素子端面102と外部素子202の端面210との位置関係を調整する。

【0035】かかる構成によって、光導波路12によって導波された光信号S1は、終端面16から素子端面102の法線Ca方向に出力され、凹部領域104を介して、外部素子202のコア部204に入射される。また、この様に入出力部100と外部素子202とを光結合した場合、素子端面102には、終端面16からの出力光信号S2の広がり角に応じて、端面コーティングの方法や端面コーティングに使用する素材等を適切に設定しても良い。

【0036】なお、本実施の形態にかかる入出力部100の用途は、光ファイバ又はPLC素子等の外部素子202との光結合に限定されない。例えば、図5及び図6に示すように、光ファイバやPLC素子等の外部素子202の代わりに、入出力部100と同構造の端部を有する素子202aや素子202bを用いて、光結合部200aや光結合部200bを構成することもできる。なお、図5に示す実施の形態は、入出力部100の斜面106と素子202aの入出力端面206aとが交差する

ような角度で配されて、入出力部 1 0 0 の導波路 1 2 の方向と素子 2 0 2 b の導波路 2 0 4 の方向を略同一方向に配することを可能にした例を示したものである。これに対して、図 6 に示す実施の形態は、入出力部 1 0 0 の斜面 1 0 6 と素子 2 0 2 b の入出力端面 2 0 6 b とが略平行の角度で配されて、入出力部 1 0 0 の導波路 1 2 の方向と素子 2 0 6 b の導波路 2 0 4 b の方向とが異なるように配することを可能にした例を示したものである。

【0037】次に、本実施の形態にかかる入出力部 1 0 0 の効果について、図 4、図 7 及び図 8 を参照して説明する。図 7 に示すように、入出力部 1 0 0 において、終端面 1 6 は光導波路 1 2 に対して垂直を成すようには配置されていない。したがって、本実施の形態によれば、入出力部 1 0 0 から出力光信号 S 2 を出力する場合、終端面 1 6 で反射して光導波路 1 2 内部に戻る光（以下、「内部端面反射戻り光」と称す。）P i を大幅に低減することができる。結果として、残留反射である内部端面反射戻り光 P i に起因した干渉効果を低減できる。

【0038】さらに、図 7 に示すように、入出力部 1 0 0 に、レンズホルダ H によって固定されたレンズ L から、素子端面 1 0 2 に対して垂直に光信号 S 1 が入力される場合、終端面 1 6 における残留反射によって生じる反射光（以下、「外部端面反射戻り光」と称す。）P o は、光信号 S 1 とは別の経路に戻る。さらにまた、外部端面反射戻り光は、終端面 1 6 a からの出力光信号 S 2 と、経路が別である。結果として、外部端面反射戻り光 P o に起因した干渉効果を大幅に低減できる。

【0039】さらに、図 8 に示すように、入出力部 1 0 0 において、素子端面 1 0 2 とレンズ L とを平行に配置すれば、出力光信号 S 2 の軸をレンズ L の軸と平行にする、すなわち出力光信号 S 2 をレンズ L に垂直に入射することができる。したがって、例えば直径が数百  $\mu$  m から数 mm の大きさのレンズ L を用いて、出力光信号 S 2 を集光する場合にも、レンズ L やレンズホルダ H と素子端面 1 0 2 との間に、容易に十分な間隔を保持することが可能である。結果として、本実施の形態にかかる入出力部 1 0 0 を適用した光機能素子は、光学アライメントの際に素子同士の接触による破損の可能性を低く抑えることができる。

【0040】さらにまた、かかる光学アライメントの容易性は、入出力部 1 0 0 をアレイ状に集積化して形成する場合にも有利である。すなわち、素子端面 1 0 2 に平行に、素子端面 1 0 2 と光結合させる外部素子の端面を配置すれば良いため、外部素子には特別な加工、例えば入力部を傾斜させる必要がない。したがって、光集積回路上に入出力部 1 0 0 をアレイ状に集積化しても、外部素子との光結合性を高く維持できる。

【0041】さらにまた、外部から入出力部 1 0 0 に光を導く場合にも同様の効果が期待できる。すなわち、残留反射の低減と光結合の容易性の確保との両方を維持す

ることができる。

【0042】さらにまた、素子端面 1 0 2 に対して終端面 1 6 が入出力部 1 0 0 の内部に引っ込んでいるので、従来生じていた、チップ劈開後の光導波路端面のコーティング工程やその他の組立工程などの際に光導波路端面が直接他の物質に接触する可能性が減少する。したがって、歩留まりの高い廉価な導波路型光素子を実現することができる。

【0043】さらにまた、入出力部 1 0 0 において、図 4 に示すように、終端面 1 6 が素子端面 1 0 2 に対して引っ込んだ構造になっていることによって、外部素子 2 0 2 と光結合させる場合には、入出力部 1 0 0 の素子端面 1 0 2 と外部素子 2 0 2 の劈開面 2 0 8 とを密着させて光結合できる。結果として、光結合部での多重反射を低減することができ、例えば光の伝搬過程で発生するノイズや光導波路の入出力端面で発生する迷光等を低減することができる。

【0044】さらにまた、入出力部 1 0 0 と外部素子 2 0 2 とを密着させない場合であっても、終端面 1 6 の損傷を考慮せずに、光学アライメントを行える。したがって、光結合を行う素子端面 1 0 2 と外部素子 2 0 2 の劈開面 2 0 8 との間の距離を精度良く一定に保つことができ、特性の均一な光素子モジュールを製造することができる。

【0045】（第 2 の実施の形態）本実施の形態にかかる導波路型光素子 1 0 は、図 9 及び図 1 0 に示すように、光導波路 1 2 を介して、第 1 及び第 2 の入出力部 1 0 0 a、1 0 0 b を配した構造となっている。なお、第 1 及び第 2 の入出力部 1 0 0 a、1 0 0 b は、すでに説明した第 1 の実施の形態にかかる入出力部 1 0 0 と略同一構造を有しているので、その構成及び作用効果については、詳細説明は省略し、その特徴的な部分のみを以下に説明することにする。すなわち、本実施の形態にかかる導波路型光素子 1 0 は、光信号の入出力面にあたる光導波路 1 2 0 の両端面（終端面 1 6 a 及び終端面 1 6 b）に無反射膜 AR のコーティングを施した単一透過構造となる。このため、導波路型光素子 1 0 は、光導波路 1 2 0 に例えば光変調手段や光増幅手段等を設置すれば、透過型の光変調素子や光増幅素子として構成することもできる。

【0046】次に、本実施の形態にかかる導波路型光素子 1 0 の動作について、引き続き図 9 及び図 1 0 を参照しながら説明すると、導波路型光素子 1 0 に、光信号 S 1 が第 2 入出力部 1 0 0 b から入力された場合、光信号 S 1 は、入出力部 1 0 0 b の切り欠かれた凹部領域 1 0 4 b を介して終端面 1 6 b から光導波路 1 2 0 に入力される。さらに、光信号 S 1 は、光導波路 1 2 0 によって導波され、光導波路 1 2 0 の第 1 入出力部 1 0 0 a における終端面 1 6 a に伝搬する。

【0047】さらにまた、終端面 1 6 a に伝搬された光

信号 S 1 は、無反射膜 AR がコーティングされた終端面 1 6 a において屈折し、終端面 1 6 a から出力光信号 S 2 として出力される。さらに、出力光信号 S 2 は、凹部領域 1 0 4 a 及び素子端面 1 0 2 a を介して、導波路型光素子 1 0 から出力される。

【0048】一方、導波路型光素子 1 0 において、第 1 入出力部 1 0 0 a 側から光信号 S 1 が入力された場合は、光信号 S 1 は、第 2 入出力部 1 0 0 b 側から光信号 S 1 が入力された場合とは逆の経路を通して、光導波路 1 2 0 の第 2 入出力部 1 0 0 b における終端面 1 4 b から、出力光信号 S 2 として出力される。なお、この場合も、第 2 入出力部 1 0 0 b 側から光信号 S 1 が入力された場合と同様に、光信号 S 1 は終端面 1 6 b で屈折し、出力光信号 S 1 として、素子端面 1 0 2 b の法線 C b 方向に出力される。

【0049】本実施の形態にかかる導波路型光素子 1 0 は、上記第 1 の実施の形態で説明したと同様の効果を得ることができる。すなわち、導波路型光素子 1 0 は、光導波路 1 2 0 の終端面 1 6 a と終端面 1 6 a とにおける残留反射による干渉作用を抑制することができるとともに、光学アラインメントの容易性及び外部素子との高い光結合性を確保でき、さらには、モジュール化にも適している。

【0050】（第 3 の実施の形態）次に本発明の第 3 の実施の形態について、図 1 1 及び図 1 2 を参照して説明する。なお、図 1 1 は、導波路型光素子 2 0 の概略的な構成を説明するための平面図であり、図 1 2 は、その概略的な構成の斜視方向からの見取図である。また、第 3 の実施の形態にかかる導波路型光素子 2 0 の構成要素のうち、上記第 1 及び第 2 の実施の形態において説明した構成要素と実質的に同一のものについては、略同一の符号を付することにより詳細な説明は省略する。

【0051】最初に、本実施の形態にかかる導波路型光素子 2 0 の構成について説明すると、導波路型光素子 2 0 において、入出力端部 2 4 には、上記第 1 の実施の形態にかかる入出力部 1 0 0 と同構成の入出力部 1 0 0 a が配置されており、入出力端部 2 4 とは反対側に位置する素子端面 2 6 には全反射膜 HR がコーティングされている。さらに、入出力部 1 0 0 a と全反射膜 HR とは、光導波路 2 8 によって接続されている。

【0052】したがって、導波路型光素子 2 0 は、光導波路 2 8 に例えば光変調手段や光増幅手段等を設置すれば、素子端面 2 6 に全反射膜 HR がコーティングされた二重通過型（反射型）の光変調素子や光増幅素子にすることができる。

【0053】かかる構成によって、導波路型光素子 2 0 外部から入出力部 1 0 0 a に入力された光信号 S 1 は、光導波路 2 8 によって導波されて、素子端面 2 8 に伝送される。さらに、素子端面 2 8 に伝送された光信号 S 1 は、全反射膜 HR において反射され、再び光導波路 2 8

によって導波されて入出力部 1 0 0 a に伝搬する。入出力部 1 0 0 a において、光信号 S 1 は、無反射膜 AR がコーティングされた終端面 1 6 a から、屈折後に、素子端面 1 0 2 a の法線 C a 方向に出力光信号 S 2 として出力される。

【0054】以上説明した本実施の形態にかかる導波路型光素子 2 0 においては、外部端面反射戻り光 P o は、入出力部 1 0 0 a への光信号 S 1 及び入出力部 1 0 0 a からの出力光信号 S 2 と経路が別である。したがって、導波路型光素子 2 0 は、外部端面反射戻り光 P o に起因した干渉効果を大幅に低減できるため、第 1 の実施の形態にかかる導波路型光素子 2 0 よりも製造が容易でありながら、第 1 の実施の形態にかかる導波路型光素子 2 0 と同じ程度かそれ以上の効果が得られる。また、本実施の形態にかかる導波路型光素子 2 0 は、上記第 1 の実施の形態にかかる入出力部 1 0 0 a と同様に、内部端面反射戻り光（図示せず）に起因した干渉効果も低減することができる。

【0055】さらに、本実施の形態にかかる導波路型光素子 2 0 の入出力部 1 0 0 a 側においては、終端面 1 6 a が素子端面 1 0 2 a よりも引込んで形成されているために、終端面 1 6 a が光学アラインメントや他素子との光結合等の際に損傷する可能性が大幅に減る。さらに、入出力部 1 0 0 a 側においては、出力光信号 S 2 が素子端面 1 0 2 a の法線 C a 方向に出力されることにより、導波路型光素子 2 0 は他素子の受光面に対して何等制限を与えることなく集積化が可能である。

【0056】さらにまた、光導波路 2 8 に例えば光変調手段や光増幅手段等を設置して、光変調素子や光増幅素子として導波路型光素子を用いる場合、光に対して、往路と復路で変調や増幅を駆けることが可能である。したがって、変調や増幅の効果を重ね合わせることが可能となり、様々な出射光を得ることができる。

【0057】（第 4 の実施の形態）次に、本発明の第 4 の実施の形態について、図 1 3 及び図 1 4 を参照して説明する。なお、図 1 3 は、本実施の形態にかかる透過型の導波路型光素子 3 0 の概略的な構成を示す斜視図であり、図 1 4 は、導波路型光素子 3 0 の図 1 3 中の E - E、F - F' における断面図である。

【0058】まず、本実施の形態にかかる透過型の導波路型光素子 3 0 の構成について説明する。導波路型光素子 3 0 において、図 1 3 に示すように、光導波路 3 2 の素子端面 3 0 c 側には、第 1 入出力部 1 0 0 c が配置されている。一方、光導波路 3 2 の素子端面 3 0 d 側には、第 2 入出力部 1 0 0 d が配置されている。かかる第 1 入出力部 1 0 0 c と第 2 入出力部 1 0 0 d とは、図 1 3 中 x 方向から見て、図 1 に示す上記第 1 の実施の形態にかかる入出力部 1 0 0 と同様の構成を有している。

【0059】すなわち、図 1 4 に示すように、第 1 入出力部 1 0 0 c において、光導波路 3 2（屈折率 n 1）の



導波路端部34aは、光の導波方向Acが素子端面30cに対して傾き $\delta$ を持つように形成される。さらに、第1入出力部100cにおいては、導波路型光素子30の側方(図14中x方向から見た場合である。なお、図11においては、鉛直方向をy方向、素子端面30cの法線方向をzとしている。)から見て略直角三角形に形成された部分を切り欠くことによって、素子端面30cに対して第2の傾きにあたる傾角 $\gamma$ を持つ斜面106cを形成する。結果として、導波路端部34cの光の導波方向Acと、斜面106cに形成される光導波路32の終端面36cの法線Baとは、第1の傾きにあたる角 $\theta$ 3を形成することができる。

【0060】また、第1入出力部100cにおいて、光導波路32の終端面36cは光の入出力端面にあたるため、終端面16cにおける光信号の反射ロスをできるだけ抑えた方がよい。このため、終端面16cが形成された斜面106cには、無反射膜ARがコーティングされている。

【0061】さらに、第1入出力部100cにおいては、終端面16cの外部の屈折率を $n_2$ として、傾角 $\gamma$ と傾角 $\delta$ とが、ほぼ

$$\delta = \gamma - \cos^{-1}(n_2/n_1 \sin \alpha)$$

の関係を満たすように、導波路端部34cと斜面106cとは形成される。一方、第2入出力部100dも、かかる第1入出力部100cと同様に構成されている。

【0062】かかる構成を有する本実施の形態にかかる導波路型光素子30に、光信号S1が第2入出力部100d側から入力される場合には、素子端面30dの法線Cd上を伝搬して来た光信号S1は、終端面36dから光導波路32に入力される。さらに、光信号S1は、光導波路32によって導波され、第1入出力部100cの終端面36cに伝搬する。さらにまた、光信号S1は、終端面36cにおいて屈折し、素子端面30cの法線Cc方向に出力光信号S2として出力される。

【0063】一方、光信号S2が、第1入出力部100cから入力された場合(図示せず)には、光信号S2が第2入出力部100d側から入力された場合とは、逆の順番で導波路型光素子30内部を通過し、第2入出力部100dから出力光信号S2として出力される。

【0064】以上説明した本実施の形態にかかる導波路型光素子30においても、上記第1及び第2の実施の形態と同様に、光導波路32の終端面36c及び終端面36dにおける残留反射の影響を抑えることができる。また、本実施の形態にかかる導波路型光素子30においては、終端面36a及び終端面36dが、素子端面30c及び30dよりも引っ込んでいるとともに、出力光信号S2が両素子端面の法線方向に出力される。したがって、終端面36c及び終端面36dとが損傷する可能性が大幅に減るとともに、他素子の受光面に対して傾斜をつける等の加工をせずに集積化が可能である。

【0065】(第5の実施の形態)次に、本発明の第5の実施の形態について、図15及び図16を参照して説明する。なお、図15は、本実施の形態にかかる反射型の導波路型光素子40の概略的な構成を示す斜視図であり、図16は、導波路型光素子40の図50中のG-G、H-H'における断面図である。

【0066】導波路型光素子40は、図15に示すように、第3の実施の形態にかかる導波路型光素子30(図13)において、入出力部100dを配置する代わりに全反射膜HRをコーティングした素子端面40aを配置する構成になっている。すなわち、本実施の形態にかかる導波路型光素子40は、第3の実施の形態にかかる導波路型光素子30の反射型の例といえる。

【0067】したがって、本実施の形態にかかる導波路型光素子40は、光を往路と復路とで変化させることができるため、残留反射の抑制及びモジュール化に対する適性を維持しつつ、様々な出力光を得ることができる。

【0068】(第6の実施の形態)次に、第6の実施の形態について、図17～図19を参照して説明する。なお、図17は、本実施の形態にかかる光結合方法を適用した光結合部250の説明図であり、図18及び図19は、本実施の形態にかかる光結合方法を適用した他の光結合部250a及び光結合部250bの説明図である。

【0069】光結合部250は、図17に示すように、上記第1の実施の形態において説明した、図1に示す入出力部100と外部素子202との光結合部200において、入出力部100の凹部領域104に介在材料としてUV硬化の接着剤252を充填することにより構成される。すなわち、図17に示すように、光結合部250において、入出力部100の斜面106と外部素子202の劈開面208とは、入出力部100の凹部領域104に充填された接着剤252によって接着される。なお、光結合部250においては、終端面16からの出力光信号S2が、コア部204に入力されるように、外部素子202の端面210と素子端面102との位置関係を調整する。

【0070】かかる構成によって、終端面16において光導波路12から出力される出力光信号S2は、接着剤252が充填された凹部領域104及び素子端面102を介して、コア部204に入力される。

【0071】なお、本実施の形態において、終端面16は、光導波路12及びコア部204の屈折率に応じて、適当な反射率の端面コーティングを施してもよい。さらに、素子端面102と終端面16との距離は、接着剤252の屈折率や終端面16を出力光信号S2が出射するときの広がり角や端面コーティング方法などを考慮して適切に設定することが望ましい。

【0072】さらにまた、図17に示す本実施の形態にかかる光結合部250において、接着剤252の屈折率 $n_3$ を空気若しくは真空の屈折率( $\sim 1$ )よりも大きく

する、すなわち

$$1 < n_3$$

の関係为满足するように調整すれば、コア部 2 0 4 の端面 2 1 0 と終端面 1 6 との間で生じる光信号 S 1 の広がり（光の回折効果によるビーム広がり）をより小さくすることができる。

【0 0 7 3】さらに、本実施の形態にかかる光結合部 2 5 0 において、光導波路 1 2 の屈折率  $n_1$  と接着剤 2 5 2 の屈折率  $n_3$  とコア部 2 0 4 の屈折率  $n_4$  とを  $n_1 < n_3 < n_4$ 、若しくは  $n_1 > n_3 > n_4$

の関係を満たすように設定し、かつ、接着剤 2 5 2 における出力光信号 S 2 の光路である、終端面 1 6 とコア部 2 0 4 の劈開面 2 1 0 との間の距離を  $z$  とした場合、 $4 n_4 z = \lambda$

の関係为满足するようにすることが可能である。ただし、 $\lambda$  は光の真空もしくは空気中での波長である。

【0 0 7 4】このとき、終端面 1 6 にあらかじめ無反射コーティングを施すことなく、終端面 1 6 とコア部 2 0 4 の端面 2 1 0 との間では無反射条件を成立させることができる。

【0 0 7 5】本実施の形態にかかる光結合方法を用いれば、例えば接着剤 2 5 2 を用いていることで、光結合部 2 5 0 の密着性が向上する。さらに、接着剤 2 5 2 がクッションの役割を果たすため、機械的衝撃や振動等に対する耐性が高い光素子モジュールを作成することが可能となる。

【0 0 7 6】さらに、屈折率  $n_3$  が 1 よりも大きい接着剤 2 5 2 を用いることにより、終端面 1 6 とコア部 2 0 4 の劈開面 2 1 0 との間での光の回折効果によるビーム広がりを小さくすることができる。したがって、光結合部の光結合効率を向上させることができる。さらにまた、光導波路 1 2 の終端面 1 6 に端面コーティングを施さずとも無反射条件の実現が可能となる。

【0 0 7 7】さらにまた、本実施の形態においては、図 1 8 及び図 1 9 に示すように、外部素子 2 5 0 を入出力部 1 0 0 と同構造を有する外部素子 2 5 0 a や外部素子 2 5 0 b を用いて、本実施の形態にかかる光結合方法によって、光結合部 2 5 0 a や光結合部 2 5 0 b を形成しても良い。なお、図 1 8 及び図 1 9 に示す構造は、充填材 2 5 2 a、2 5 2 b を充填する以外については、図 5 及び図 6 に示す構造と同様なので、略同一の機能構成を有する部材については、同一の参照番号を付することにより重複説明を省略する。

【0 0 7 8】以上、本発明の好適な実施の形態について、添付図面を参照しながら説明したが、本発明はかかる構成に限定されない。特許請求の範囲に記載された技術的思想の範疇において、当業者であれば、各種の変更例及び修正例に想到し得るものであり、それら変更例及び修正例についても本発明の技術的範囲に属するものと了解される。

【0 0 7 9】例えば、上記実施の形態においては、導波路型光素子を例に挙げて説明したが、本発明はかかる構成に限定されない。本発明は、他の様々な用途光機能素子、例えばレーザ、光変調素子、モード変換素子、P D、光スイッチ、分波素子、合波素子、光フィルタ、波長変換素子、L E D（端面発光 L E D）、D F B - L D 又はこれらの素子を適当に組み合わせて集積化した素子等に対しても適用することができる。

【0 0 8 0】また、本発明は、様々な材料や構造や寸法等を有する導波路型光素子に対しても適用することができる。

【0 0 8 1】また、上記実施の形態においては、A R 膜及び H R 膜を端面にコーティングした導波路型光素子を例に挙げて説明したが、本発明はかかる構成に限定されない。本発明は、他の様々な端面コーティングの形成方法やコーティング膜の層数やコーティング膜の材料等によって端面をコーティングを施された導波路型光素子に対しても適用することができる。

【0 0 8 2】また、上記実施の形態においては、充填材料として U V 硬化の接着剤を用いた光結合方法を例に挙げて説明したが、本発明はかかる構成に限定されない。本発明は、硬化させた U V 硬化の接着剤や他の様々な充填材料を用いた光結合方法に対しても適用することができる。

【0 0 8 3】

【発明の効果】本発明によれば、残留反射で発生する反射光による干渉作用を防止することができ、更に光結合度を高く維持すること及び光学アライメントが容易である光機能素子を実現することができる。したがって、光機能素子の比較的簡単なモジュール化が可能となる。

【0 0 8 4】さらに、本発明によれば、光機能素子内の光導波路端面が保護された状態となるため、例えば光集積回路の作製時や光学系の構築時等に光導波路に損傷を与える可能性を低減することができる。したがって、歩留まりの高い廉価な光集積回路や光学系を提供することが可能となる。

【0 0 8 5】さらにまた、本発明によれば、材料を介在させるだけで、素子端面に無反射膜をコーティングした場合と同様の効果のある光結合方法が可能となる。したがって、モジュール化する光機能素子の製造工程から、端面コーティング工程を省略することができ、光モジュールの更なる歩留まりの向上及びコスト削減が可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明を適用可能な入出力部の概略構成を示す平面図である。

【図 2】図 1 に示す入出力部の概略的な斜視図である。

【図 3】図 1 に示す入出力部の設定条件の説明図である。

【図 4】図 1 に示す入出力部の他素子との光結合の方法



の説明図である。

【図５】図１に示す入出力部と他素子との他の光結合の方法の説明図である。

【図6】図1に示す入出力部と他素子との他の光結合の方法の説明図である。

【図 7】 図 1 に示す入出力部の効果説明図である。

【図 8】図 1 に示す入出力部の他の効果説明図である。

【図 9】本発明を適用可能な導波路型光素子の概略構成を示す平面図である。

【図 10】図 9 に示す導波路型光素子の概略的構成を示す斜視図である。

【図 1 1】本発明を適用可能な他の導波路型光素子の概略構成を示す平面図である。

【図 1 2】図 1 1 に示す導波路型光素子の概略構成を示す斜視図である。

【図 13】本発明を適用可能な他の導波路型光素子の概略的構成を示す斜視図である。

【図 1 4】図 1 3 に示す導波路型光素子の断面図である。

【図 15】本発明を適用可能な他の導波路型光素子の概 20  
略的構成を示す斜視図である。

【図 16】図 15 に示す導波路型光素子の断面図であ

る。

【図 17】本発明にかかる光結合方法の説明図である。

【図 18】図 17 に示す光結合方法の他の説明図である。

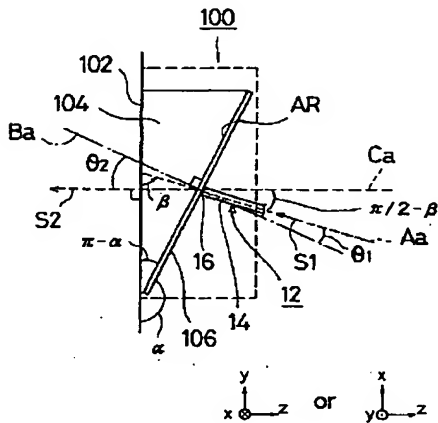
【図 19】図 14 に示す光結合方法の他の説明図である。

【図 20】従来の導波路型光素子の概略的構成を示す平面図である。

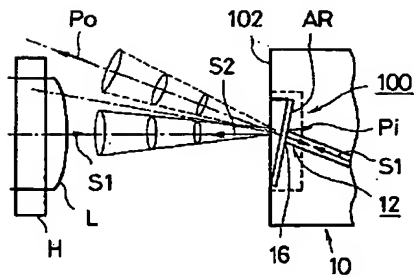
【符号の説明】

1 0	導波路型光素子
1 2	光導波路
1 6	終端面
1 0 0	入出力部
1 0 2	素子端面
2 5 0	光結合部
2 5 2	接着剤
A a	導波方向
B a	終端面の法線
C a	素子端面の法線
S 1, S 2	光信号
$\alpha, \beta$	傾角
z	距離

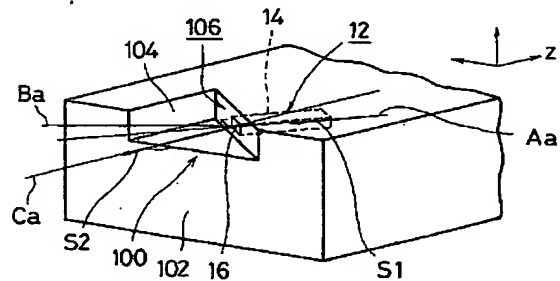
【図 1】



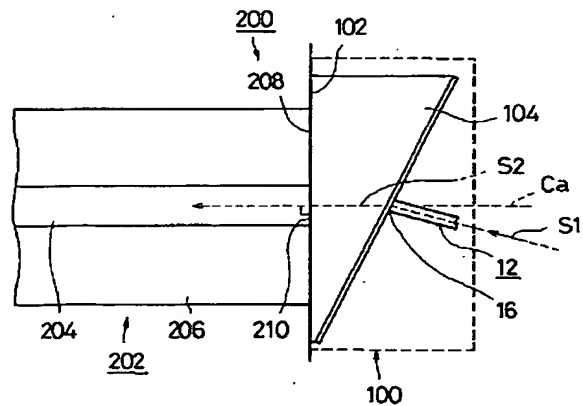
【図 7】



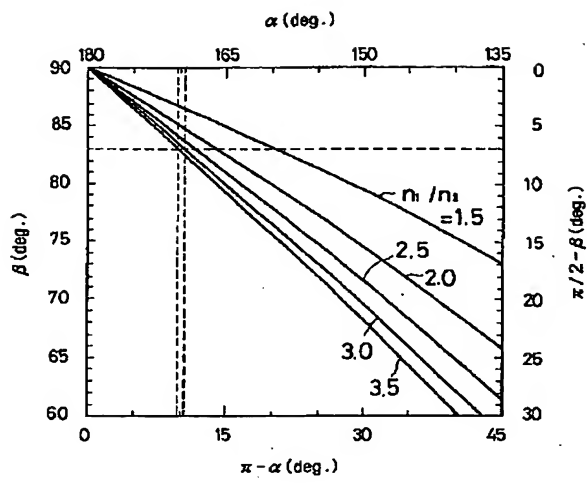
【図 2】



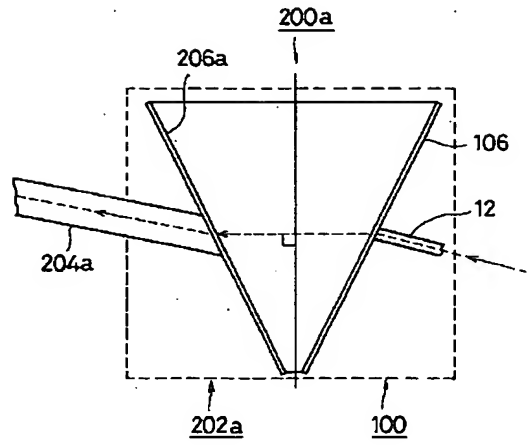
【图 4】



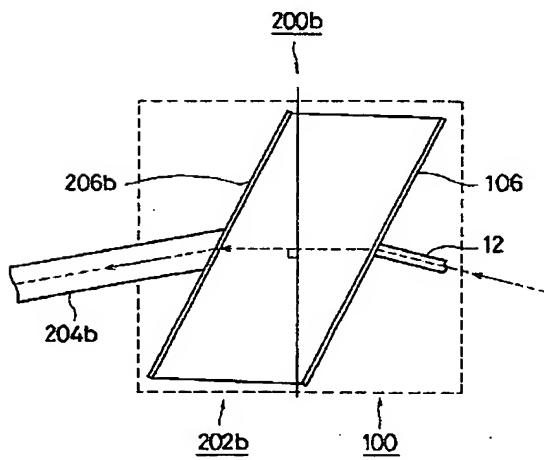
【図 3】



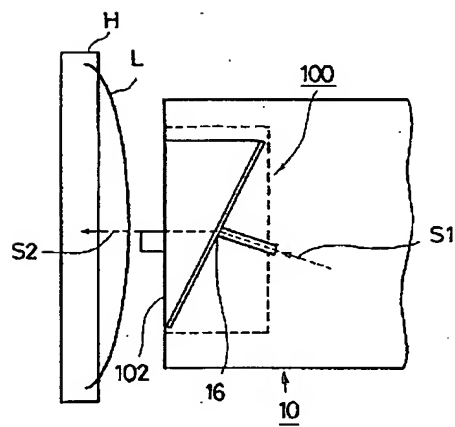
【図 5】



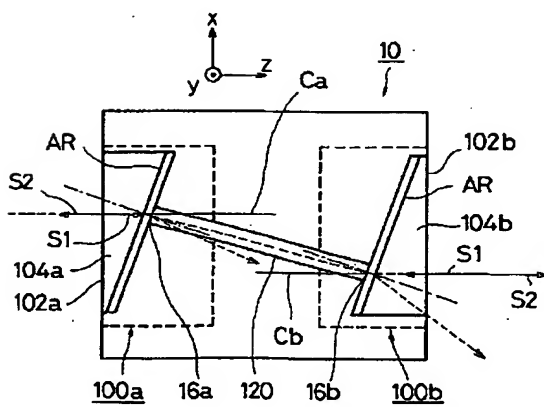
【図 6】



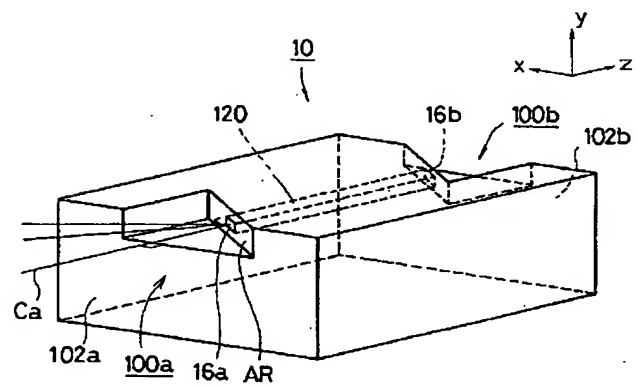
【図 8】



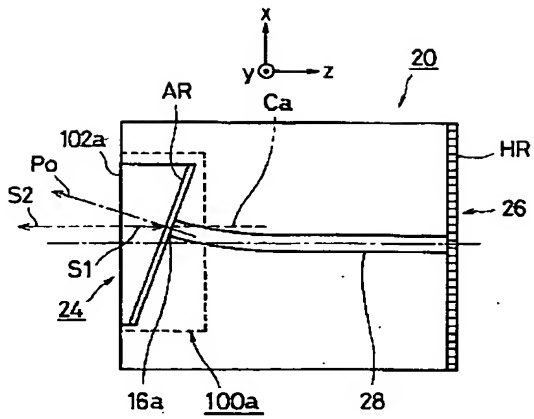
【図 9】



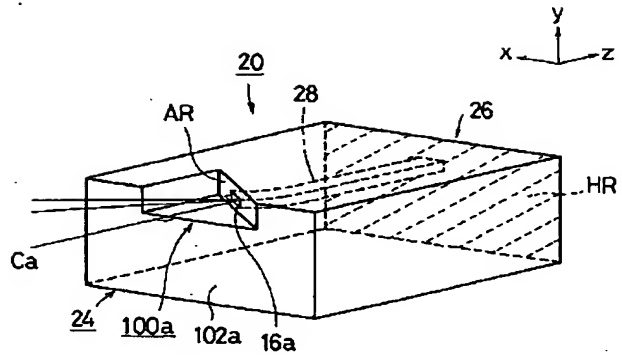
【図 10】



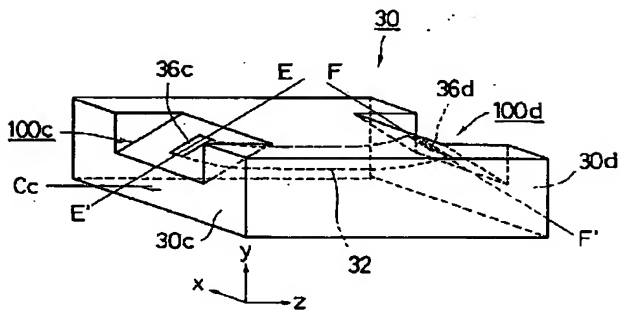
【図 11】



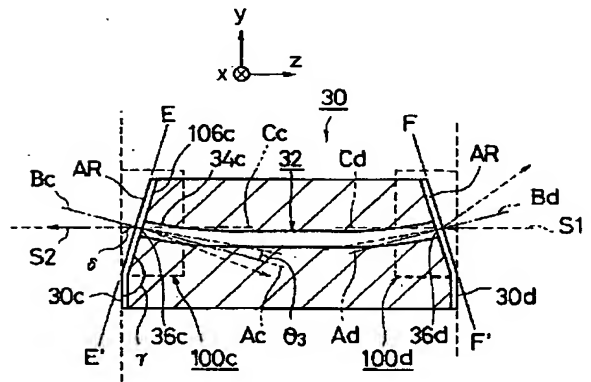
【図 12】



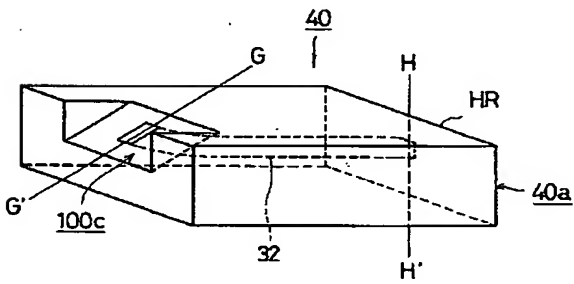
【図 13】



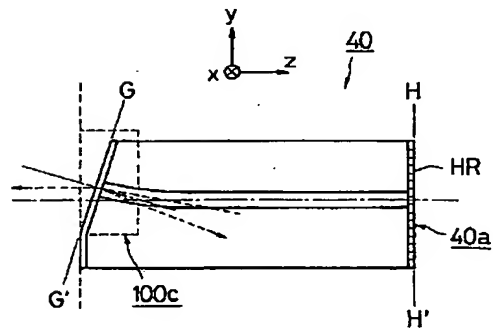
【図 14】



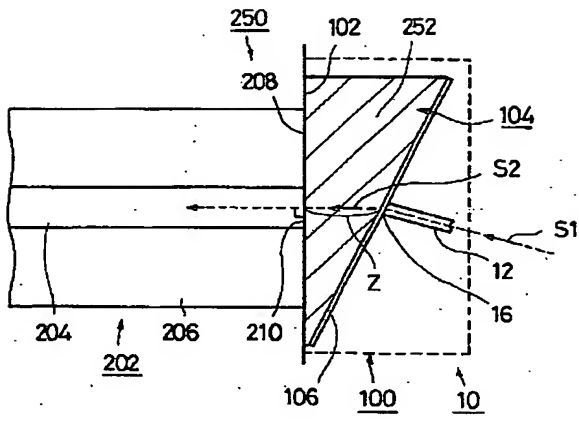
【図 15】



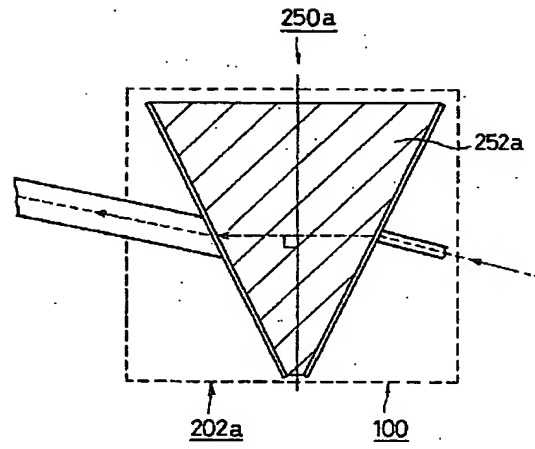
【図 16】



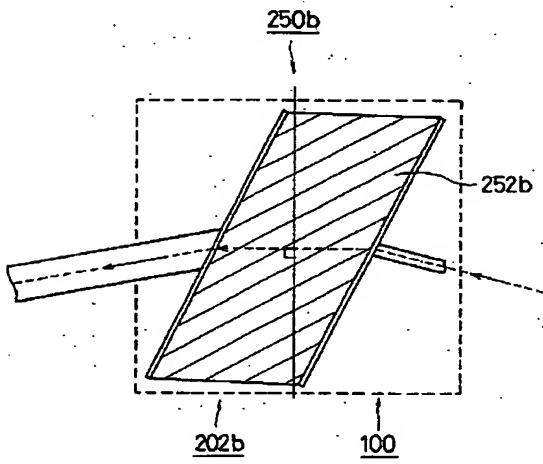
【図 17】



【図 18】



【図 19】



【図 20】

